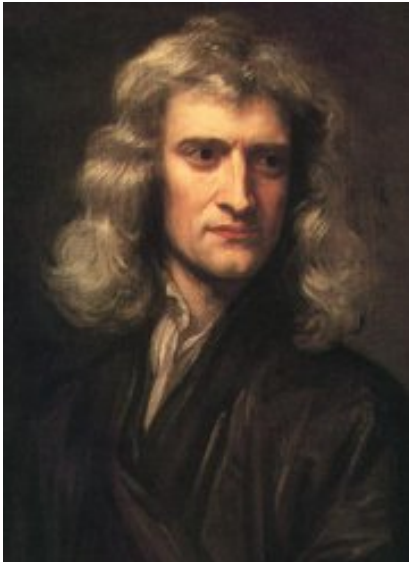


แรง และ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน



Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica

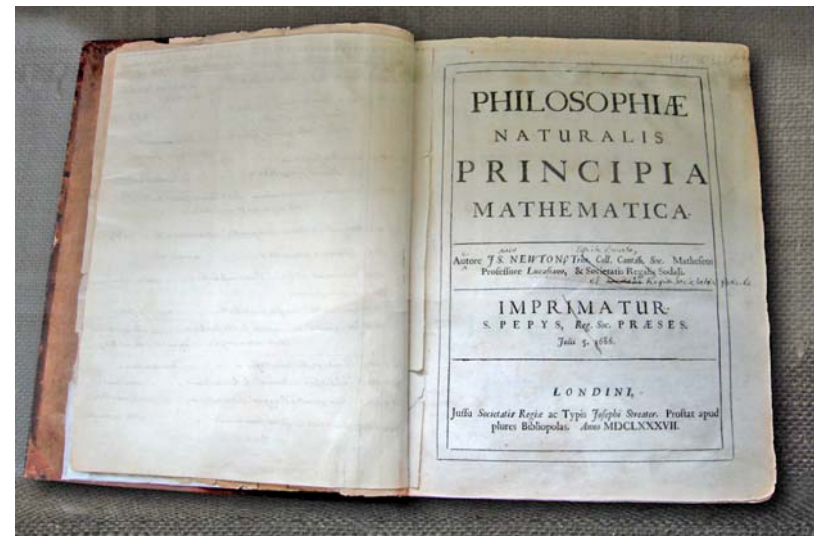


ไอแซค นิวตัน (Issac Newton, ค.ศ.1642-1727)

ตีพิมพ์ *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* ในภาษา
ลาติน (ภาษาที่ใช้ในอาณาจักรโรมันโบราณ) ในปี ค.ศ.1686 และ
รู้จักกันทั่วไปในชื่อ *Principia*

- mathematical principles of natural philosophy
- หลักการทางคณิตศาสตร์แห่งปรัชญาธรรมชาติ

ซึ่งเป็นการความคิดรวบยอดจากแนวความคิดของ
โคเปอร์นิคัสเสนอไว้ว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง
การโคจรของโลกและดาวเคราะห์ แนวความคิด
การเคลื่อนที่ของกาลิเลโอ และกฎของโยฮัน เคป
เลอร์ (ค.ศ.1571-1630) ที่วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของ
ดาวเคราะห์ว่าเป็นวงโคจรแบบวงรี



แรง (Force)

แรง เป็นพื้นฐานความเข้าใจในกฎของนิวตัน **แรงดึงและแรงผลัก**

เมื่อเราเข็นเครื่องตัดหญ้า เราออกแรงผลักมัน

เมื่อดึงลิ้นชักโต๊ะ เราออกแรงดึง

เมื่อเราหย่อนวัตถุจะตกลงด้วยแรงที่ดึงจากสนามโน้มถ่วงโลก

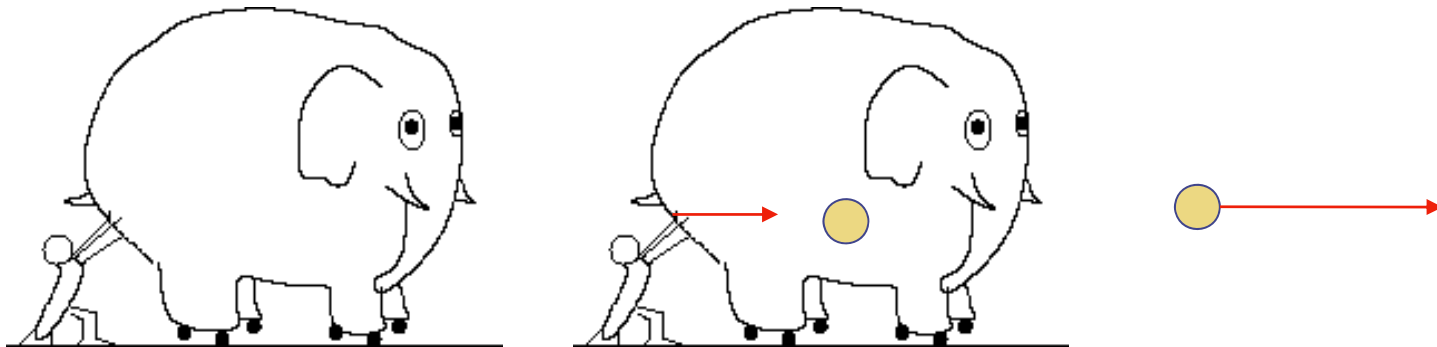
แต่แรงไม่จำเป็นต้องทำให้วัตถุเคลื่อนที่ เช่นหนังสือที่วางนิ่งๆ อยู่ บนโต๊ะจะมีแรงโน้มถ่วงดึงอยู่ตลอดเวลา

แรงไม่ได้เป็นคุณสมบัติของวัตถุอย่างเช่นมวล แต่เป็นปฏิสัมพันธ์ของวัตถุกับสิ่งภายนอก แรงที่กระทำกับวัตถุมาจากสิ่งภายนอกที่ไม่ใช่ตัววัตถุเอง เช่นเราเข็นให้รถเคลื่อน เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนและรถ แรงโน้มถ่วงที่รักษาให้ดวงจันทร์โคจรรอบโลก เป็นปฏิสัมพันธ์ของโลกและดวงจันทร์



แรงลัพธ์ (Net Force)

ในการศึกษาแรงที่กระทำกับวัตถุ เราจะพิจารณาว่าวัตถุดังกล่าวมีมวลขนาดเล็กเป็นอนุภาคเป็นมวลจุด (point mass) ณ จุดศูนย์กลางมวลเท่านั้น และสมมติว่าแรงที่กระทำจะกระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวลเสมอ

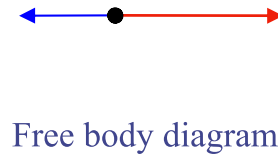
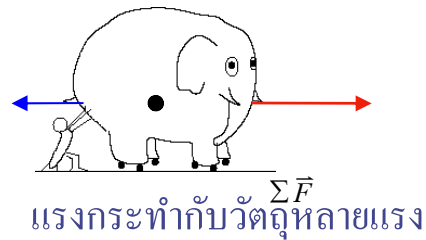


แรงมีหน่วยเป็น นิวตัน (N)



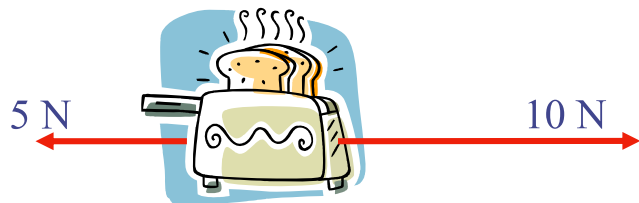
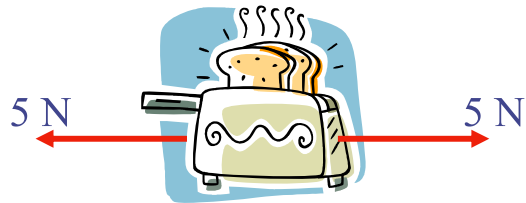
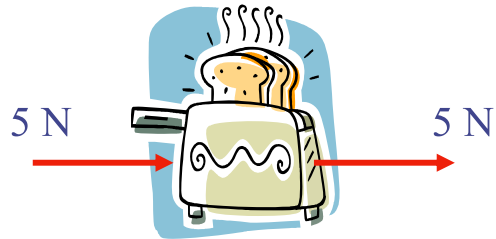
แรงลัพธ์ และ free body diagram

ถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุหลายแรง ผลรวมทั้งหมดของแรงจะเป็นแรงลัพธ์ หาได้จากการรวมเวกเตอร์ของแรงทั้งหมดตามรูป เมื่อเขียนให้แรงทั้งหมดผ่านจุดศูนย์กลางมวล จะเรียกว่าเป็น free body diagram และหาแรงลัพธ์ได้ในที่สุด

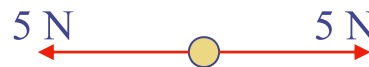
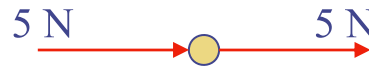


แรงลัพธ์ (Net Force)

แรงที่กระทำกับวัตถุ



Free body diagram



แรงลัพธ์



$$\Sigma \vec{F}$$

กฎของความเฉื่อย

เมื่อปล่อยวัตถุให้อยู่อย่างอิสระ โดยไม่ถูกรบกวน

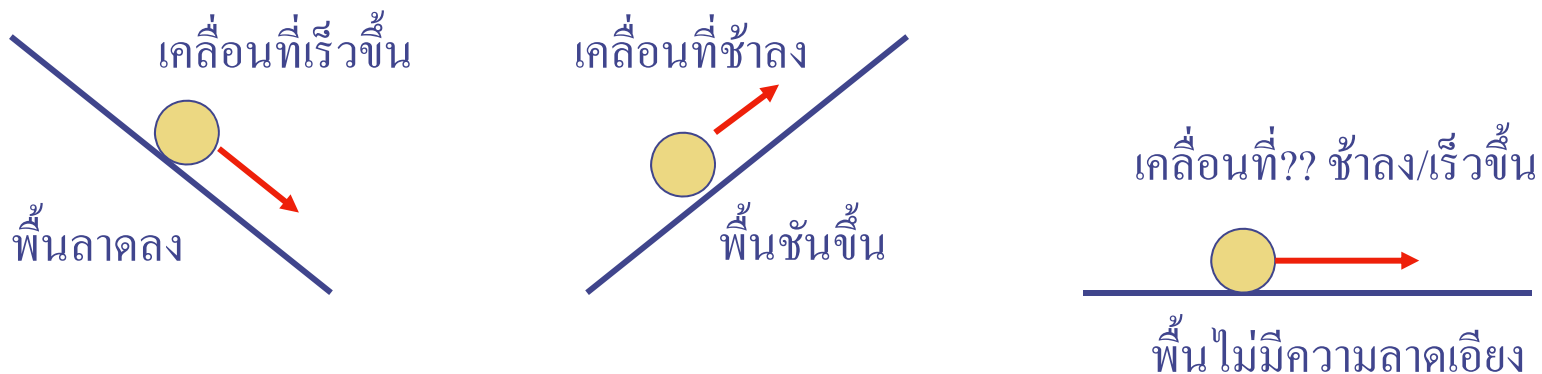
1. วัตถุจะเคลื่อนที่ต่อไปตามแนวตรงด้วยความเร็วคงที่ ถ้ามันเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้านี
2. วัตถุจะยังคงหยุดนิ่ง ถ้ามันหยุดนิ่งอยู่ก่อนหน้านี



ถ้าทำให้วัตถุเลื่อนไถลไปบนพื้น โต๊ะมันจะหยุดเคลื่อนที่เอง ทั้งนี้วัตถุไม่ได้ถูกปล่อยให้อยู่อย่างอิสระ มันถูไปกับพื้น โต๊ะเกิดเป็นความเสียดทาน



การทดลองของกาลิเลโอ



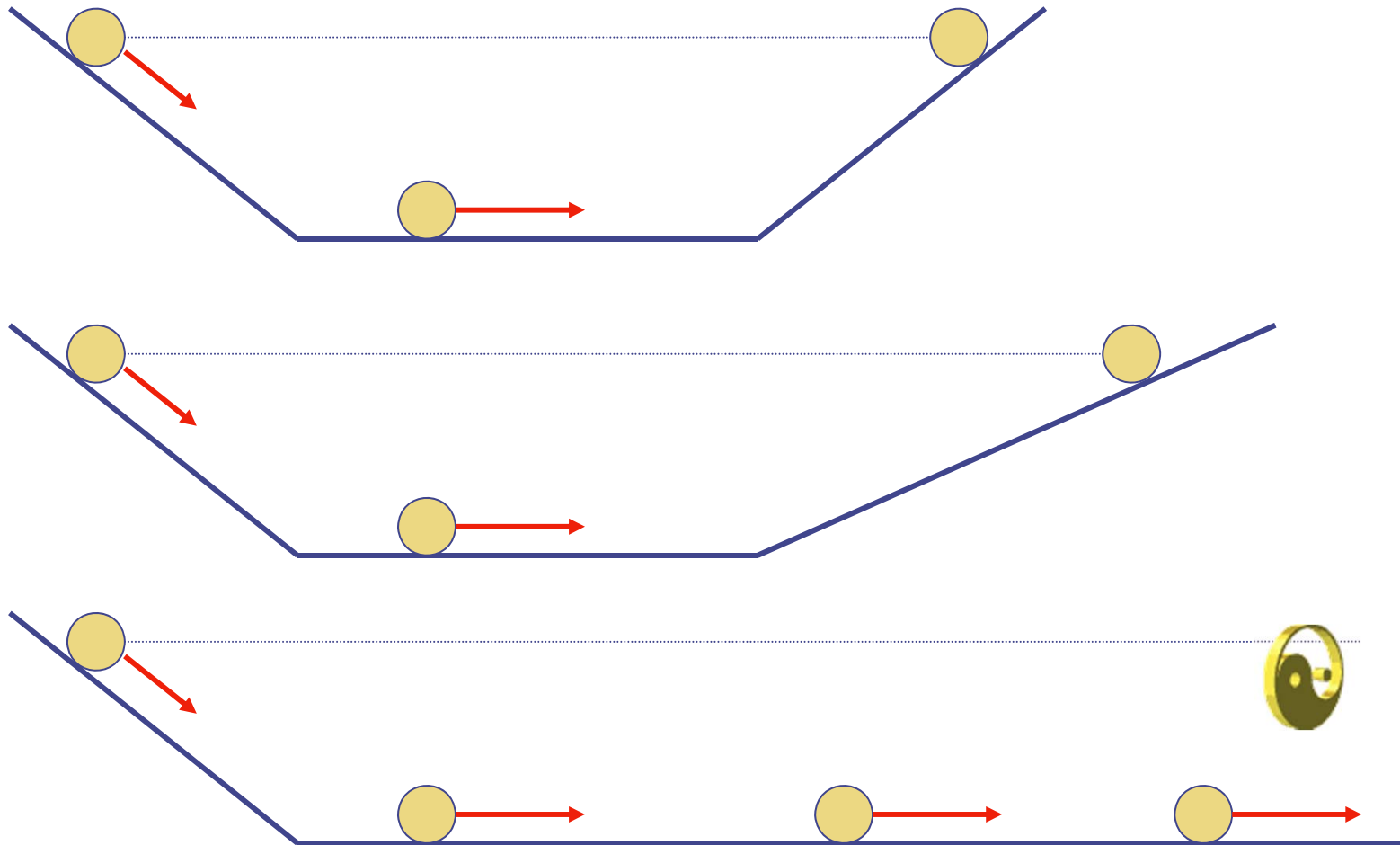
วัตถุที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบไม่ลาดเอียง อัตราเร็วจะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่จะหยุดลงในที่สุด ทั้งนี้ไม่ได้มาจากธรรมชาติของตัววัตถุเอง แต่มาจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุกับพื้น

ถ้าทดสอบด้วยพื้นที่มีความเรียบมากขึ้น วัตถุจะไปได้ไกลกว่าเดิม นั่นหมายถึง ยังมีความเสียดทานน้อยเท่าไร วัตถุจะสามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ ด้วยอัตราเร็วที่คงที่

ถ้าไม่มีความเสียดทานหรือแรงต้านอื่นๆ วัตถุที่เคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปและตลอดไป



การทดลองของกาลิเลโอ



วัตถุยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วเท่าเดิม เนื่องจาก **ความเฉื่อย (inertia)**

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎข้อที่ 1: ความเฉื่อยของวัตถุ

กฎข้อที่ 2: การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเร็วภายใต้อิทธิพลต่างๆ
(มีแรงมากระทำ)

กฎข้อที่ 3: แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา



กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน: ข้อที่ 1

กฎข้อที่ 1:

เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ วัตถุจะคงสถานะเดิมของการเคลื่อนที่

นิวตันตั้งกฎข้อนี้จากการสรุปความคิดเรื่องความเฉื่อยของกาลิเลโอ

ความเฉื่อยและมวล

แนวโน้มนที่วัตถุคงอยู่ในสถานะเดิม และฝืนการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ คือ ความเฉื่อย
วัตถุทุกชนิดมีความเฉื่อย

วัตถุที่มี**มวลมาก** จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ได้**ยาก** เนื่องจากมี**ความเฉื่อยมาก**

วัตถุที่มี**มวลน้อย** จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ได้**ง่าย** เนื่องจากมี**ความเฉื่อยน้อย**

มวล อาจหมายถึงการวัดขนาดของความเฉื่อย มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)



กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน: ข้อที่ 2

นิวตันพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นปริมาณพิเศษชนิดหนึ่ง ที่ต่อมาได้มีการนิยามว่า โมเมนตัม (momentum) กล่าวคือถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่สูง (โมเมนตัมมาก) หมายถึงวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อาจมีมวลมาก หรืออาจมีความเร็วมาก หรือมากทั้งสองอย่าง หรือ

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

กฎข้อที่ 2: หลักการในกฎข้อที่สองนี้ คือ ถ้าการเคลื่อนที่ของวัตถุ (โมเมนตัม) มีการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา แสดงว่าต้องมีแรงลัพธ์กระทำกับมัน

นิวตันนิยามอัตราการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนที่ (โมเมนตัม) ว่าเป็น แรงลัพธ์

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

มวลของวัตถุคงที่?

ในการประมาณของนิวตัน ถือว่ามวลคงที่เสมอ แต่จะไม่จริงเมื่อวัตถุมีความเร็วสูงๆ (อธิบายได้ด้วยทฤษฎีสัมพัทธภาพ) แต่ในที่นี้ เราจะอนุโลมว่า มวลของวัตถุมีค่าคงที่เสมอ เพื่อการพิจารณากฎการเคลื่อนที่ต่อไป

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

และ

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน: ข้อที่ 2

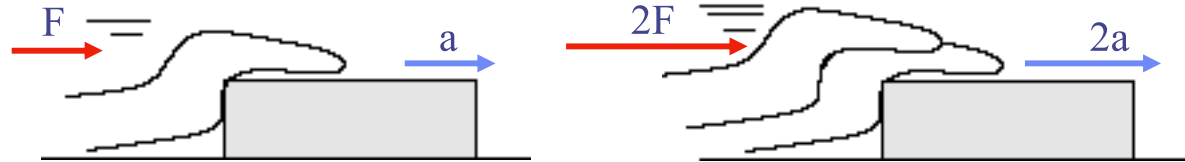


$$F = ma$$

ความเร่งเป็นสัดส่วนตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ โดยมีทิศทางเดียวแรงที่กระทำ

$$\vec{a} \propto \vec{F}$$

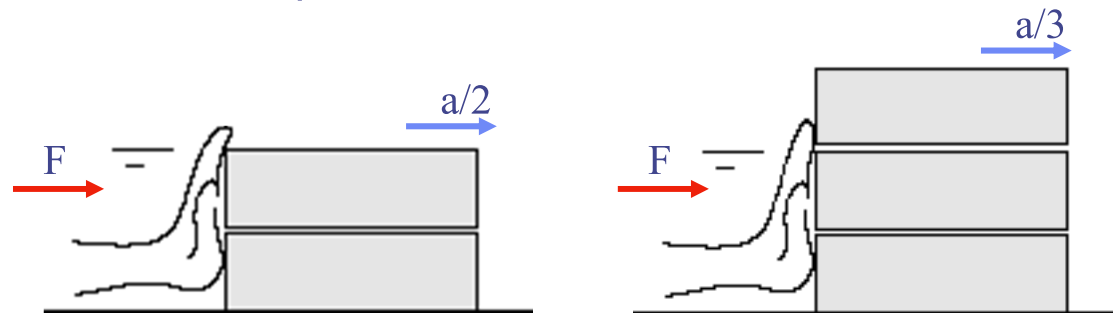
มวลเท่าเดิม

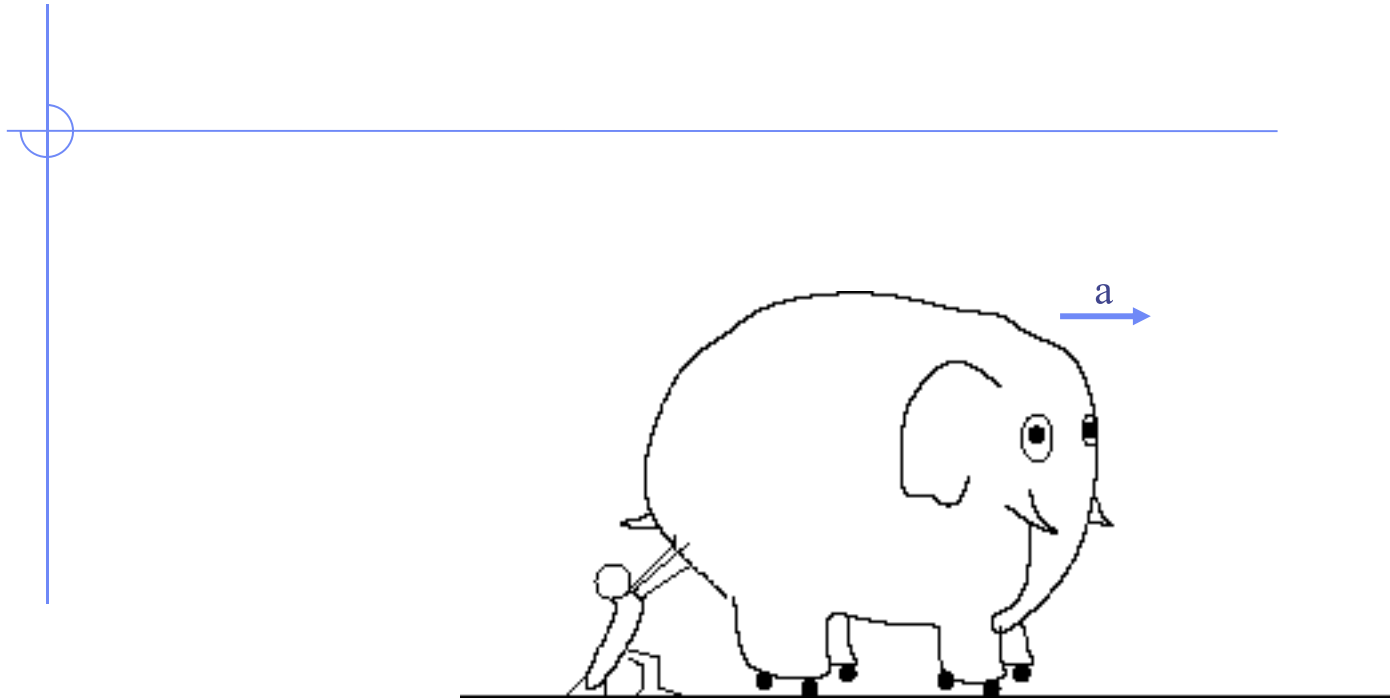


ความเร่งเป็นสัดส่วนผกผันกับมวลของวัตถุ

$$a \propto \frac{1}{m}$$

ออกแรงเท่าเดิม





มวลยิ่งมาก จะต้องออกแรงมากเพื่อให้ได้ความเร่งที่ต้องการ

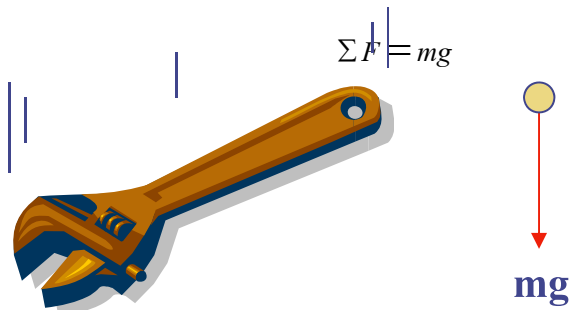
น้ำหนัก

น้ำหนัก คือ แรงจากสนามโน้มถ่วงที่กระทำกับวัตถุ

น้ำหนัก เป็นแรงชนิดหนึ่ง จึงมีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

วัตถุทุกชนิดตกอย่างอิสระที่ผิวโลก ด้วยความเร่ง $g \text{ m/s}^2$

เมื่อแรงต้านอากาศมีผลน้อยมาก



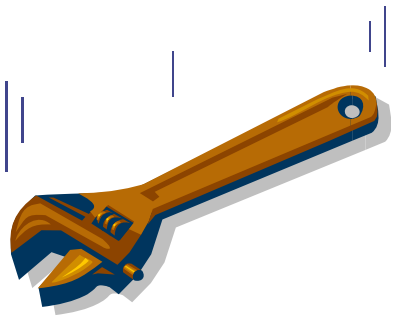
$$\frac{F}{M} = g$$

F เป็นแรงที่เกิดจากสนาม
โน้มถ่วงของโลกดึงให้วัตถุ
มวล M ตกสู่โลกด้วย
ความเร่ง g
ดังนั้นถ้าวัตถุที่มีมวลมากจะ
มีแรงกระทำมากด้วย

น้ำหนัก $w = m g$



ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง g



$$\frac{F}{M} = g$$



$$\frac{F}{M} = g$$

ถ้าวัตถุที่มีมวลมากจะมีแรงกระทำจากสนามโน้มถ่วงมาก
ถ้าวัตถุที่มีมวลน้อยจะมีแรงกระทำจากสนามโน้มถ่วงน้อย
เพื่อให้วัตถุมีความเร่งค่าเดิม คือ g หรือ 9.8 m/s^2 (10 m/s^2)



มวลและน้ำหนัก

มวล : m หน่วย กิโลกรัม (kg)

น้ำหนัก : w หน่วย นิวตัน (N)

น้ำหนัก $w = m g$

$$g_{\text{โลก}} = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ (10 m/s}^2\text{)}$$

$$g_{\text{ดวงจันทร์}} = 1.63 \text{ m/s}^2$$

ปะแจ มวล 0.3



ช่างบนโลกจะมีน้ำหนัก

$$w = m g_{\text{โลก}} = 0.3 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 3 \text{ N}$$

ช่างบนดวงจันทร์จะมีน้ำหนัก

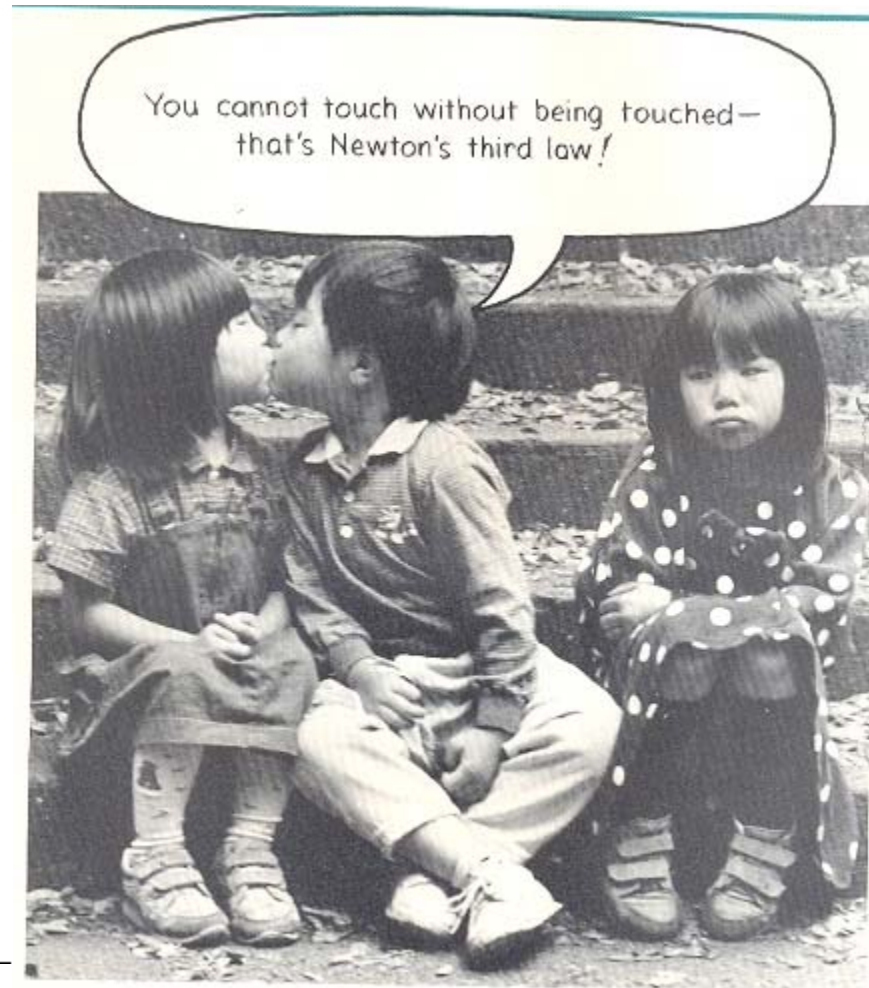
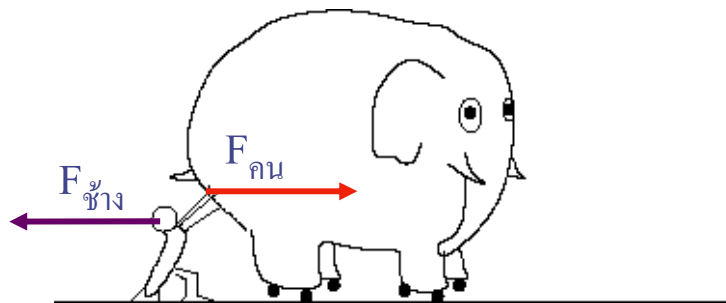
$$w = m g_{\text{ดวงจันทร์}} = 0.3 \text{ kg} \times 1.63 \text{ m/s}^2 = 0.489 \text{ N}$$



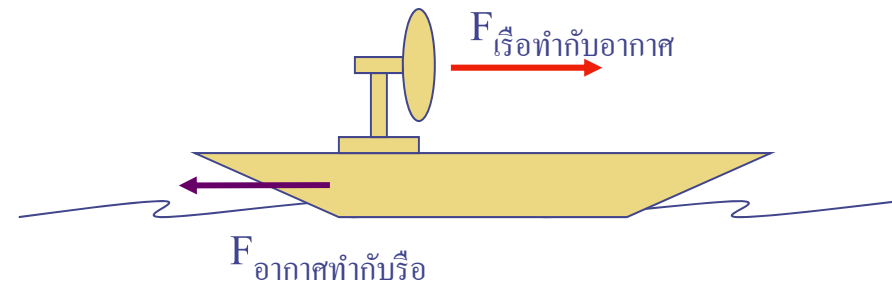
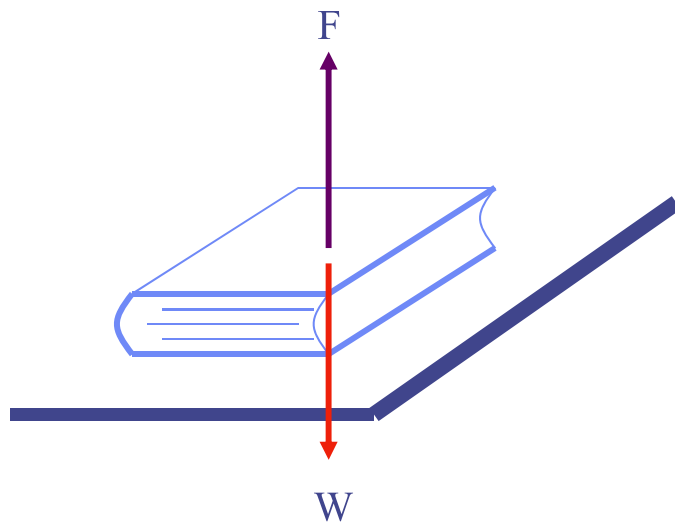
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน: ข้อที่ 3

กฎข้อที่ 3:

แรงกระทำใดๆ จากวัตถุ 1
ต่อวัตถุ 2 จะมีแรงปฏิกิริยา
ที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศ
ตรงข้ามจากวัตถุ 2 กระทำ
ต่อวัตถุ 1 เสมอ



กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน: ข้อที่ 3



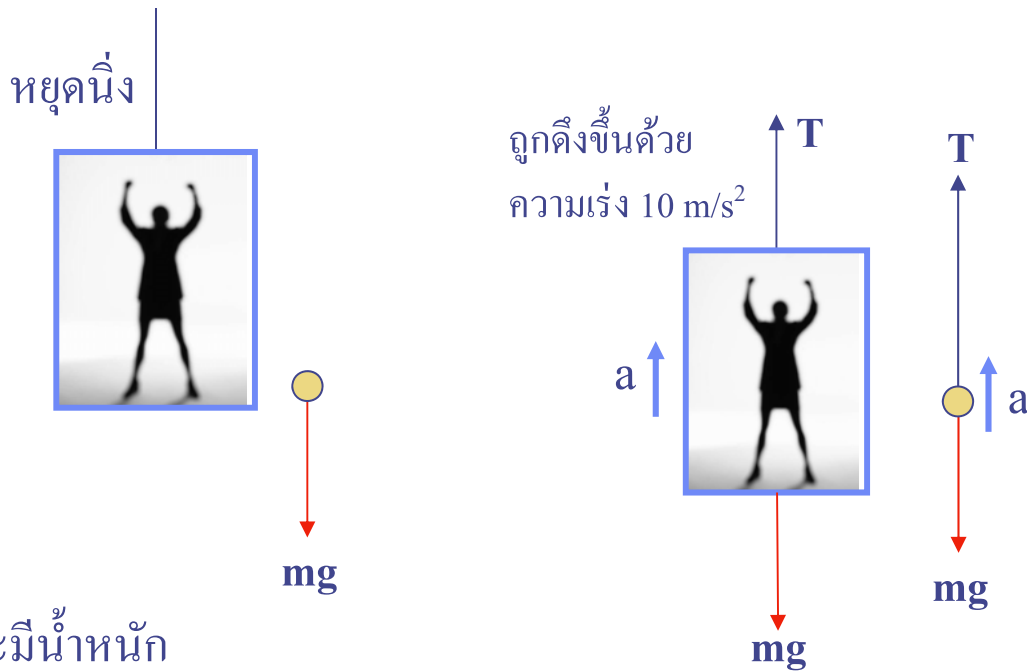
หนังสือวางอยู่นิ่งๆ บนโต๊ะ นั้นหมายถึง

$$F = W$$



น้ำหนักของวัตถุขณะมีเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

คนมวล 65 กิโลกรัม อยู่ในลิฟต์ที่



จะมีน้ำหนัก
กดที่เท้า $mg = 65 \times 10 = 650 \text{ N}$

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\Sigma \vec{F} = T - mg$$

$$T - mg = ma$$

$$T = m(g + a)$$

น้ำหนัก กดที่เท้า

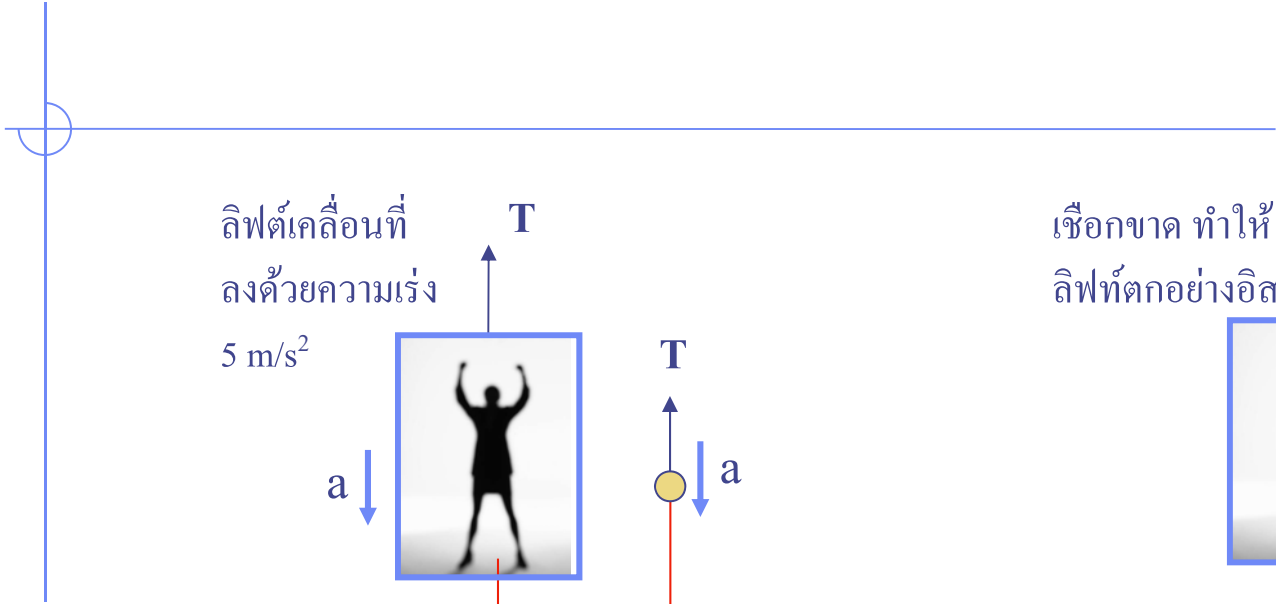
$$W = -T$$

$$= -65 \times (10 + 10)$$

$$= -1300 \text{ N}$$



1300 N



$$T - mg = -ma$$

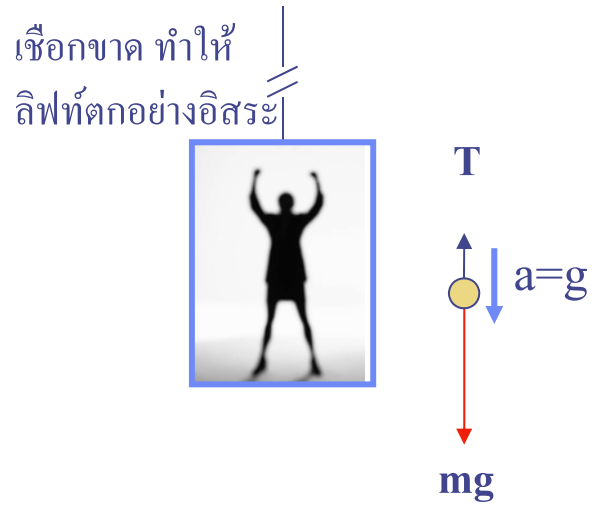
$$T = m(g - a)$$

น้ำหนัก กดที่เท้า

$$W = -T$$

$$= -65 \times (10 - 5)$$

$$= -325 \text{ N}$$



$$T - mg = -ma$$

$$T = m(g - a)$$

น้ำหนัก กดที่เท้า

$$W = -T$$

$$= -65 \times (10 - 10)$$

$$= 0 \text{ N}$$

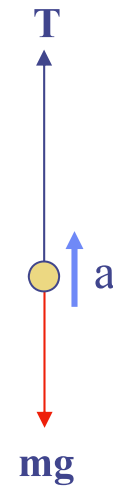
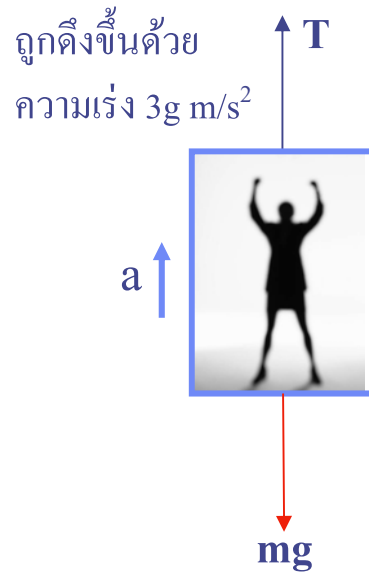
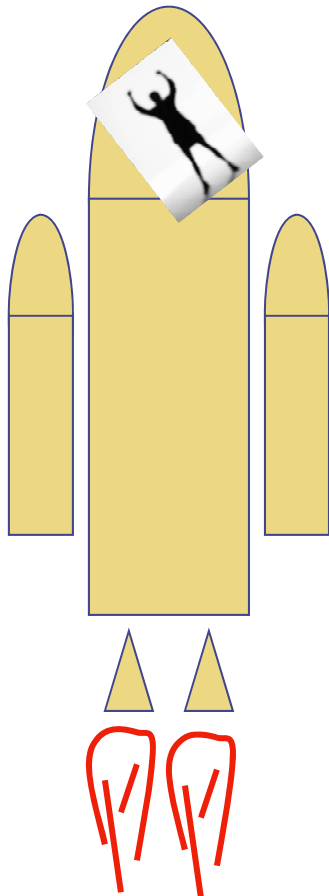


ไร้น้ำหนัก



ตัวอย่าง

จรวดถูกส่งขึ้นอวกาศด้วยความเร่ง $3g \text{ m/s}^2$ อยากทราบน้ำหนักที่ปรากฏกับนักบินอวกาศ
ถ้านักบินอวกาศมีมวล 65 กิโลกรัม



$$T - mg = ma$$
$$T = m(g + a)$$

น้ำหนัก กดที่เท้า

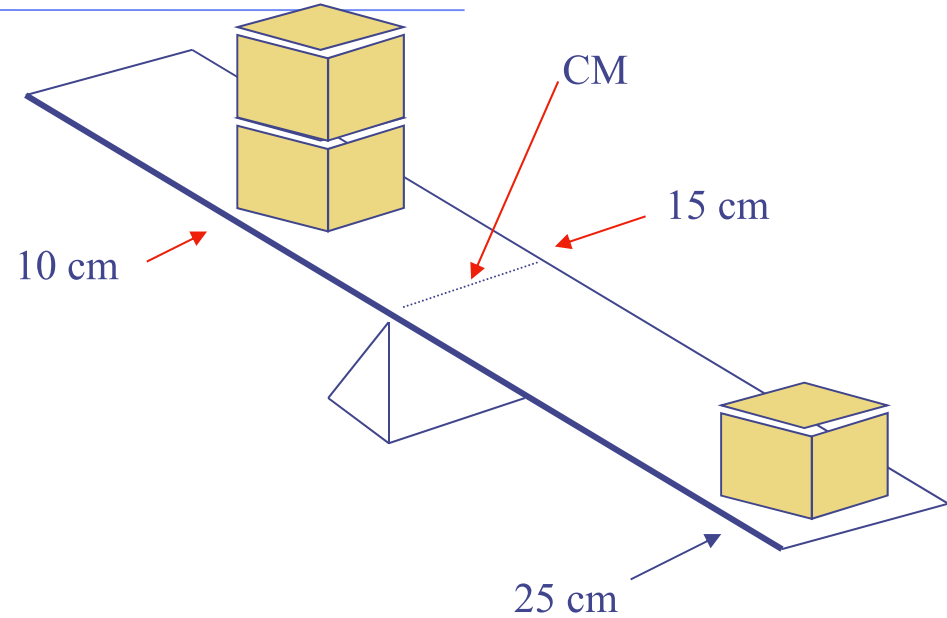
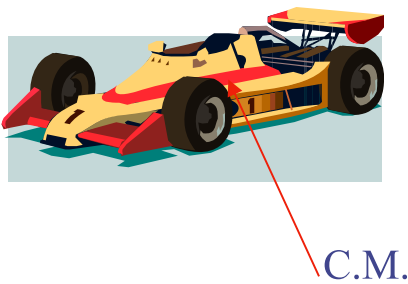
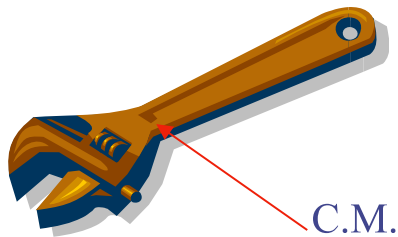
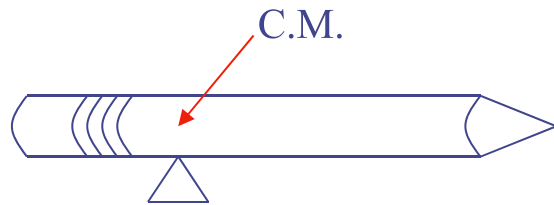
$$W = -T$$
$$= -65 \times (10 + 30)$$
$$= -2600 \text{ N}$$



2600 N



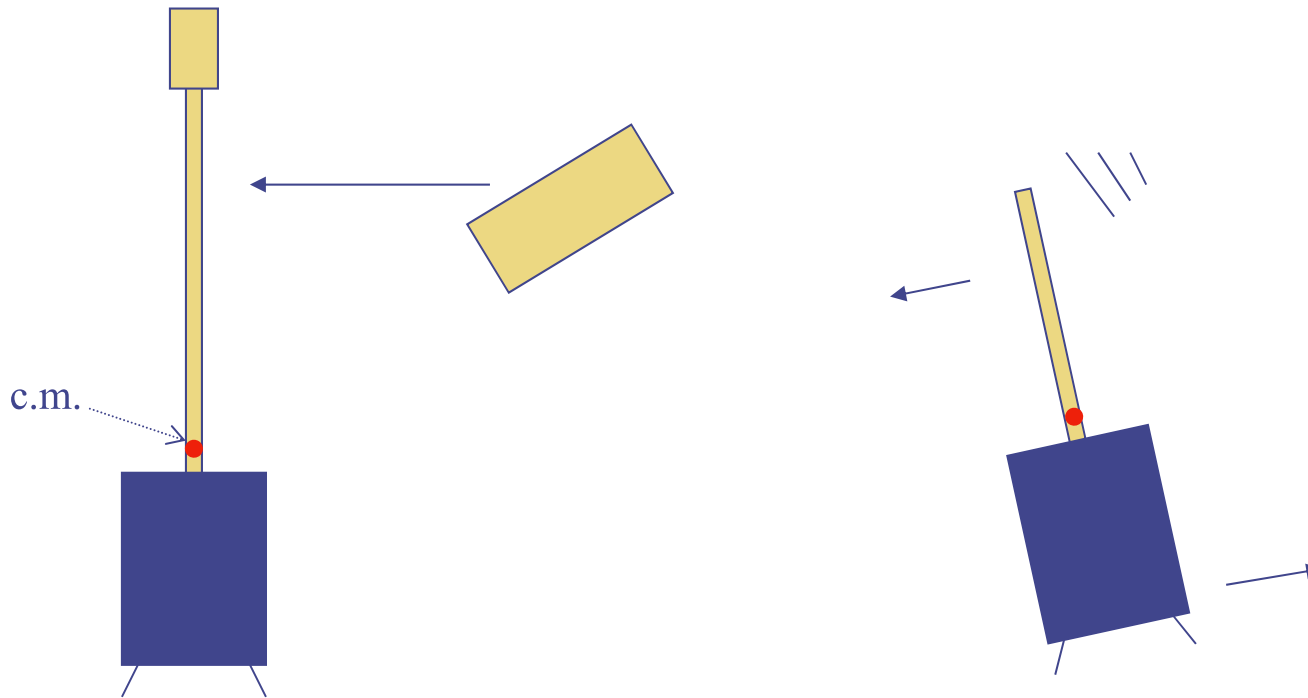
จุดศูนย์กลางมวล (Centre of Mass)



การศึกษาฟิสิกส์ในที่นี้ การพิจารณาแรงที่กระทำกับวัตถุ เราจะสมมติว่ากระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล

หรืออาจพิจารณาว่ามวลที่สนใจมีขนาดเล็กเป็นอนุภาค ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

จุดศูนย์กลางมวล (Centre of Mass)



แรงชนิดต่างๆ

แรงสัมผัส (**Contact Forces**)

แรงเสียดทาน (Frictional Force)

แรงดึงเชือก (Tensional Force)

แรงตั้งฉาก (Normal Force)

แรงต้านอากาศ (Air Resistance Force)

แรงสปริง (Spring Force)

แรงสนาม (**Field Forces**)

แรงโน้มถ่วง (Gravitational Force)

สนามโน้มถ่วง

แรงไฟฟ้า (Electrical Force)

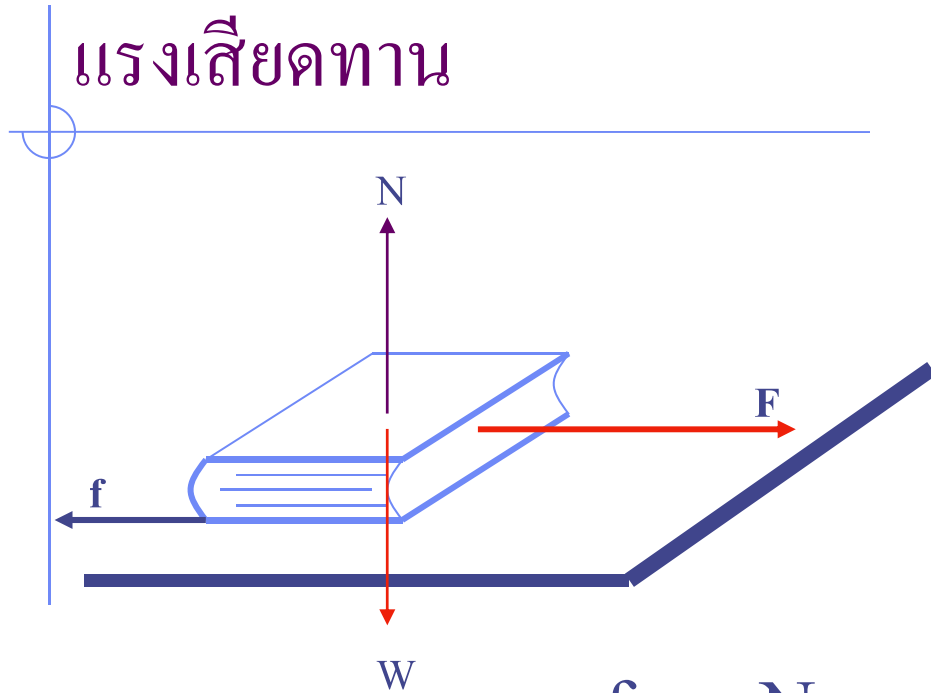
สนามไฟฟ้า

แรงแม่เหล็ก (Magnetic Force)

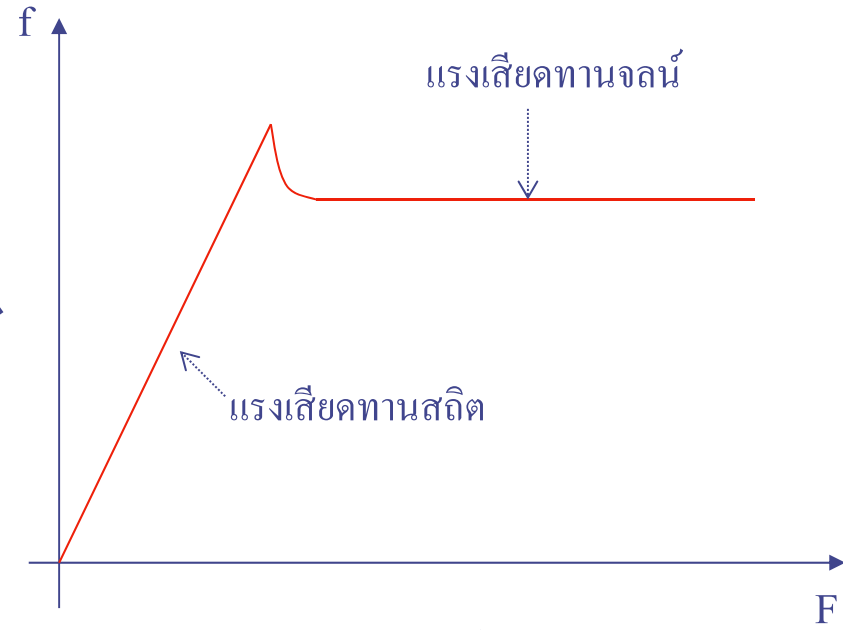
สนามแม่เหล็ก



แรงเสียดทาน



$$f = \mu N$$



μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

วัสดุ	ความเสียดทานสถิต μ_s	ความเสียดทานจลน์ μ_k
ยางบน		
คอนกรีต	1.02	0.80
น้ำแข็ง	-	0.10
เหล็กกับเหล็ก	0.74	0.57
ไม้กับไม้	0.40	0.20

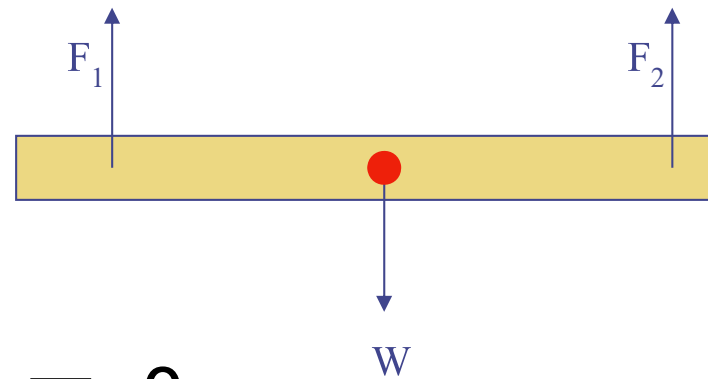
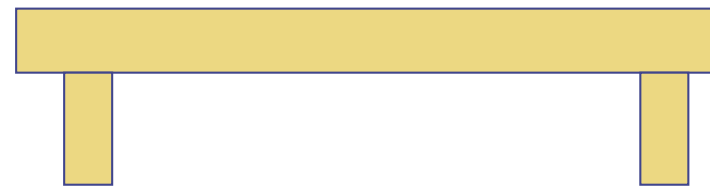
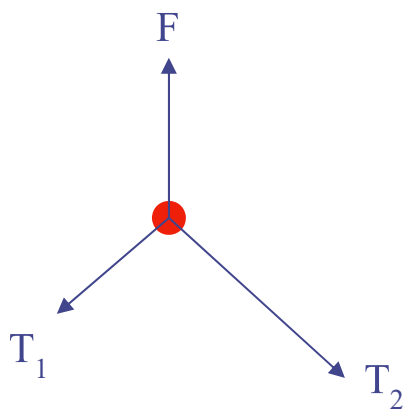
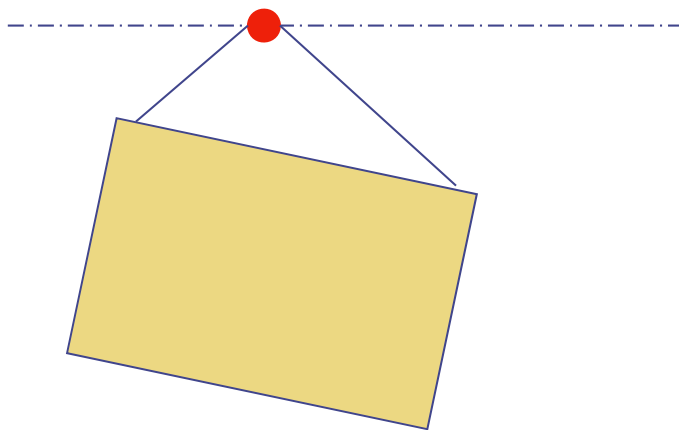


ตัวอย่าง

อยากทราบว่าต้องออกแรงลากกล่องไม้มวล 100 kg บนพื้นไม้เท่าไร จึงจะทำให้กล่องไม้เริ่มเคลื่อน และถ้ายังออกแรงเท่าเดิม กล่องไม้จะเคลื่อนที่ต่อไปอย่างไร (มีความเร็ว หรือความเร่งอย่างไร)



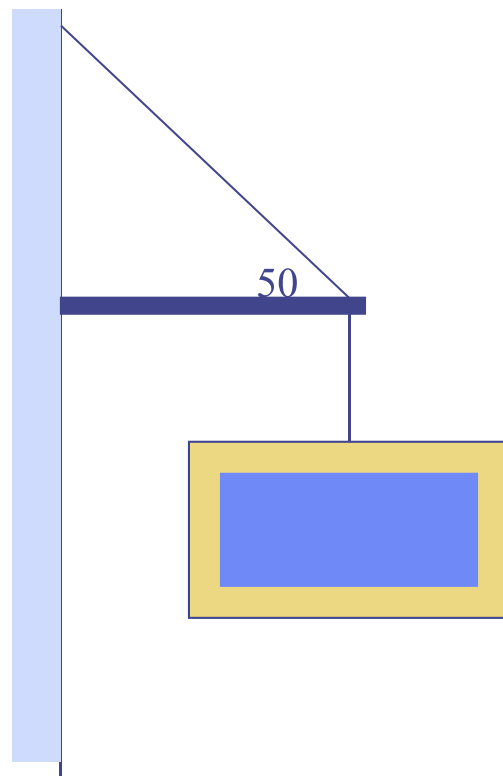
ภาวะสมดุลเชิงกล



$$\sum F = 0$$



ตัวอย่าง (การบ้าน)



ป้ายแขวนหน้าร้านหนัก 40 N อยากทราบ
แรงที่เส้นเชือกกระทำกับแท่งไม้ที่กดบน
ผนัง



จุดศูนย์กลางความโน้มถ่วง (Centre of Gravity)

